

**ESTUDIO DE PROPIEDADES MINERALÓGICAS, ESTRUCTURALES Y
ELECTRÓNICAS DE MUESTRAS DE SUELOS DESORIENTADOS CULTIVADOS
CON CAÑA DE AZÚCAR EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA Y
NORTE DEL CAUCA.**

FABIÁN MAURICIO VARGAS FONTALVO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Magíster en Ciencias Físicas**

Director

HUMBERTO BUSTOS RODRÍGUEZ

Doctor en Ciencias-Física

Co-Director

DAGOBERTO OYOLA LOZANO

Doctor en Ciencias-Física

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS-FÍSICA
IBAGUÉ – TOLIMA
2015**

ACTA 14 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DE MAESTRIA

ESTUDIANTE: Fabián Mauricio Vargas Fontalvo

TÍTULO DE LA TESIS: "Estudio de propiedades mineralógicas, estructurales y electrónicas de muestras de suelos desorientados cultivados con caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca y norte del Cauca."

FECHA: 15 De diciembre de 2014

HORA: 9:00 A.M

DIRECTOR: Humberto Bustos Rodríguez

CODIRECTOR: Dagoberto Oyola Lozano

JURADOS: Germán Antonio Pérez Alcázar*, Universidad Del Valle, Alexander Cortés Soto**, Universidad de Ibagué.

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN

Calificación Promedio (de 0.0 a 5.0): En número [4.7] En letras: cuatro dos

(X) **APROBADA (3.5 – 4.5)**

() **MERITORIA (4.6 – 4.9)**

() **LAUREADA (5.0)**

Si la nota es meritoria o laureada, el jurado deberá sustentarla en hoja separada con la firma de todos ellos y anexarla al acta.

() **REPROBADA (0.0 – 3.4)** (El estudiante debe matricularse nuevamente en ésta actividad).

() **PENDIENTE** (El estudiante debe acoger las recomendaciones del jurado y presentar nuevamente el documento ante el director de tesis. Nueva sustentación: Requiere ☐ No requiere ☒

El plazo para nueva sustentación y/o para presentación del documento final es de _____

Dado en Ibagué, Tolima, el 15 de diciembre de 2014.

Miguel Ivan Delgado R

COORDINADOR
Programa Maestría Ciencias-Física

H313
DIRECTOR DE TESIS

Dagoberto Oyola Lozano
CODIRECTOR

Alexander Cortés Soto
JURADO*

Germán Antonio Pérez Alcázar
JURADO**

DEDICATORIA

A mi esposa Ruby con todo mi amor, por la comprensión y apoyo que me ha brindado.

A mis hijos Snneyder Fabián y Fabián Andrés, que este logro sirva de ejemplo y punto de partida en sus vidas profesionales.

A mis padres Marcos Vargas y Mirian Fontalvo, que han sido la fortaleza para afrontar retos con empeño y dedicación.

A mi abuela Candelaria, que con su voz de aliento y motivación contribuyó para el alcance de este objetivo.

A doña Cecilia y don Yesid por su apoyo y colaboración en la obtención de éste logro.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

En primera instancia a DIOS por la salud, el amor y la comprensión de las personas a mi alrededor.

A Ruby Escorcía Torres, por ser mi apoyo constante, madre ejemplar motivo de mi admiración y amor.

A mis hijos Snneyder Fabián y Fabián Andrés por su paciencia, apoyo y porque ellos son la motivación de mi vida

A mi director de tesis el Dr. Humberto Bustos Rodríguez por su tiempo, sus invaluable y sabias orientaciones.

Al Dr. Dagoberto Oyola por su valioso apoyo y orientaciones, al Dr. Yebrail Rojas y todos los integrantes del grupo de Ciencias y Materiales de la Universidad del Tolima.

En especial al Dr. Édgar Ávila Pedraza por sus aportes y apoyo incondicional al desarrollo y buen fin de este proyecto.

A todo el grupo de compañeros de la Maestría: Ulises, Daniel, Huberney, Óscar, Rosa, Alexis, Rodrigo, Cesar y demás compañeros con quienes compartí extensas jornadas de estudio.

A la oficina de Investigaciones y desarrollo Científico de la Universidad del Tolima, por el apoyo a los proyectos de investigación en pro de una educación de calidad.

GLOSARIO

CAMPO HIPERFINO: Manifestación de la interacción magnética entre el momento magnético del núcleo y un campo magnético de origen intrínseco o extrínseco al átomo.

CAPACIDAD DE CAMPO (CC): es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el Potencial hídrico del suelo se estabilice

COMPLEJO DE CAMBIO: Llamado también complejo adsorbente de los suelos, es la capacidad de las plantas para absorber los iones en el suelo otorgándole propiedades que benefician el desarrollo de las plantas.

DESDOBLAMIENTO CUADRUPOLEAR: Es la interacción del momento cuadrupolar de la distribución (asimétrica) de la carga nuclear con el gradiente de campo eléctrico provocado por la distribución de cargas fuera de los núcleos involucrados en el proceso.

DESVÍO ISOMÉRICO: Desplazamiento de los niveles nucleares debido a interacción de la distribución de carga electrónica en el volumen nuclear con la propia carga del núcleo.

DIFRACCIÓN DE RAYOS X: Es un fenómeno físico que se produce al interaccionar un haz de rayos X de determinada longitud de onda con una sustancia cristalina. Se basa en la dispersión coherente del haz de rayos X por parte de la materia y en la interferencia constructiva de las ondas que están en fase, se describe con la Ley de *Bragg*

EDAFOLÓGÍA: Es donde el suelo es tomado como el soporte para las plantas, es decir, se estudia desde un punto de vista netamente práctico, orientado a obtener los mejores rendimientos agropecuarios posibles. (Lyttleton y Buckman, 1944).

ESPECTROSCOPIA MÖSSBAUER (EM): Es un método para determinar el grado de oxidación química y el entorno de los elementos químicos, esta técnica permite estudiar la estructura electrónica de los sólidos constituidos de Fe. La muestra se excita mediante una radiación gamma que varía la energía de transición nuclear.

HORIZONTES DEL SUELO: Son las capas aproximadamente paralelas a la superficie en que se divide el suelo y que presentan diferentes caracteres de composición, textura, adherencia entre otras.

ICA: instituto colombiano agropecuario

ÍNDICE DE MILLER: Convención de tres números que designan genéricamente con las letras (*h k l*), permite identificar los sistemas de planos cristalográficos.

INTERACCIONES HIPERFINAS: Son las interacciones en las que participan los núcleos, al estar estos se encuentran bajo la acción de campos eléctricos y magnéticos creados por los electrones del mismo átomo y por cationes vecinos.

ISÓTOPO: Cada una de las variedades de un átomo de cierto elemento químico, los cuales tienen el mismo número atómico y por tanto constituyen el mismo elemento aunque tengan un diferente número másico. Los átomos que son isótopos entre sí tienen el mismo número de protones en el núcleo y ocupan el mismo lugar en la tabla periódica.

MUESTRAS DE SUELOS DESORIENTADOS: son las muestras que se toman directamente de los suelos, con todas sus fracciones de composiciones físicas y químicas; minerales, arena, limo, arcilla y materia orgánica etc.

NUTRIMENTOS: sustancias que se puede encontrar en los suelos, pero no se trata de cualquier sustancia sino de aquellas vitales, que al ingerirlas permitirán que cada proceso que se desarrolla dentro de la planta se realice de manera adecuada.

ÓXIDOS DE HIERRO: Son minerales de neo-formación provenientes de la alteración de rocas y suelos, son compuestos de *hierro (Fe)*, *oxígeno (O)* e *hidrógeno (H)* únicamente

PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE: es el punto de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica aunque la humedad ambiental sea saturada.

SUELO AGRÍCOLA: Es el suelo apto para la actividad agrícola, el cual debe ser un fértil y que permita el crecimiento y desarrollo de diferentes tipos de cultivo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 EL SUELO Y SUS PROPIEDADES	17
2.1.1 Propiedades Físicas de los Suelos.	18
2.1.2 Textura del Suelo	19
2.1.3 Propiedades Químicas de los Suelos	20
2.1.4 Hierro en el Suelo (Fe^{+2} y Fe^{+3}).	22
2.2 TÉCNICAS DE ESTUDIO	23
2.2.1 Análisis Físico Químico de los Suelos	23
2.2.1.1 Análisis Físico de los Suelos	23
2.2.1.2 Análisis Químicos de los Suelos	24
2.2.2 Difracción de Rayos X (DRX)	24
2.2.2.1 Fundamento Físico	25
2.2.3 Espectroscopia Mössbauer (E.M)	27
2.2.3.1 Fundamento Físico	28
2.2.3.2 Interacciones Hiperfinas	30
2.2.3.3 Desvío o Corrimiento Isomérico (DI o δ)	33
2.2.3.4 Desdoblamiento Cuadrupolar Eléctrico (QS)	35
2.2.3.5 Campo Magnético Hiperfino	
3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	38
3.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	38
3.1.1 Tratamiento de Muestras por Análisis Físico Químico	40
3.2 ESTUDIO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)	40

	Pág.
3.3 ESTUDIO ESPECTROSCOPIA MÖSSBAUER	40
3.3.1 Arreglo Experimental	41
3.3.1.1 La etapa de detección	42
 4. RESULTADOS	44
4.1 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO	44
4.2 ESTUDIO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)	46
4.3 ESTUDIO POR ESPECTROSCOPIA MÖSSBAUER	52
 5. CONCLUSIONES	59
 RECOMENDACIONES	60
 REFERENCIAS	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura de los horizontes del suelo.	18
Figura 2. Composición física ideal del suelo	19
Figura 3. Escala de pH	21
Figura 4. Diagrama de la ley de Bragg para rayos X reflejados en los planos cristalográficos <i>hkl</i> .	26
Figura 5. Una representación esquemática de la espectroscopia de Mössbauer con la situación más simple de los núcleos de origen y de absorción en entornos idénticos y que muestra el espectro de Mössbauer resultante con una línea de absorción a velocidad cero.	27
Figura 6. Absorción resonante de rayos γ . El ancho de línea observado es $\Delta F + \Delta A. f$	29
Figura 7. Corrimiento isomérico. Interacción de la distribución de carga nuclear con la densidad electrónica en ambas, fuente y absorbente.	33
Figura 8. Desdoblamiento cuadrupolar. Interacción del momento cuadrupolar nuclear con un EFG en el núcleo (Interacción cuadrupolar eléctrica)	35
Figura 9. Espectro Mössbauer donde aparecen seis posibles transiciones (sextete) correspondiente a un desdoblamiento dipolar magnético (Zeeman).	36
Figura 10. Representación del recorrido de la recolección submuestras.	38
Figura 11. Diagrama en bloques de un espectrómetro Mössbauer.	41
Figura 12. Difractogramas de las muestras (FR- 47, FR-57, FR-74, FR-38 y FR-90 de suelos cultivados con caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca.	47
Figura 13. Difractogramas de las muestras (FR- 04, FR-11, FR-15 y FR-19 de suelos cultivados con caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca.	48
Figura 14. Ajuste de espectro Mössbauer de muestras desorientada de suelos agrícolas cultivados con caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca y norte del Cauca.	53

	Pág.
Figura 15. Ajuste de espectro Mössbauer de muestras desorientada de suelos agrícolas cultivados con caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca y norte del Cauca.	54
Figura 16. Ajuste de espectro Mössbauer de muestras desorientada de suelos agrícolas cultivados con caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca y norte del Cauca.	55
Figura 17. Ajuste de espectro Mössbauer de muestras de suelos desorientados agrícolas cultivados con caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca y Norte del Cauca.	56
Figura 18. Ajuste de espectro Mössbauer de muestras desorientada de suelos agrícolas cultivados con caña de azúcar en el departamento del Valle del Cauca y norte del Cauca.	57

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Definición de los separados del suelo	20
Tabla 2. Criterios de evaluación de un suelo con respecto a su pH (NOM-021 RECNAT- 2000).	22
Tabla 3. Expresión para calcular la distancia d_{hkl} , para diferentes sistemas cristalinos.	30
Tabla 4. Localización geográfica de las muestras de suelos desorientados	39
Tabla 5. Características estructurales de muestras de suelos desorientados cultivados con caña de azúcar en el Valle del Cauca y Norte del cauca.	44
Tabla 6. Parámetros de textura de las muestras de suelos desorientados cultivados con caña de azúcar en el Valle del Cauca y Norte del cauca.	45
Tabla 7. Parámetros de densidad, pH, carbono y conductividad eléctrica de muestras suelos desorientados cultivados con caña de azúcar en el Valle del Cauca y norte del Cauca.	46
Tabla 8. Parámetros de red de las muestras de suelos desorientados cultivados con caña de azúcar en la región del Valle del Cauca.	49
Tabla 9. Análisis Mineralógico semicuantitativo por (DRX), de muestras de suelos desorientados cultivados con caña de azúcar en la región del Valle del Cauca-Colombia.*	50
Tabla 10. Análisis Mineralógico semicuantitativo por (DRX), de muestras (de suelos cultivados con caña de azúcar en la región del Valle del Cauca -Colombia.	51
Tabla 11. Parámetros hiperfinos de muestras desorientadas de suelos cultivados con caña de azúcar en la región del Valle del Cauca y Norte del Cauca.	52

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Participación en Publicaciones	65
Anexo B. Participación como Ponente en Eventos	67
Anexo C. Perspectivas	68